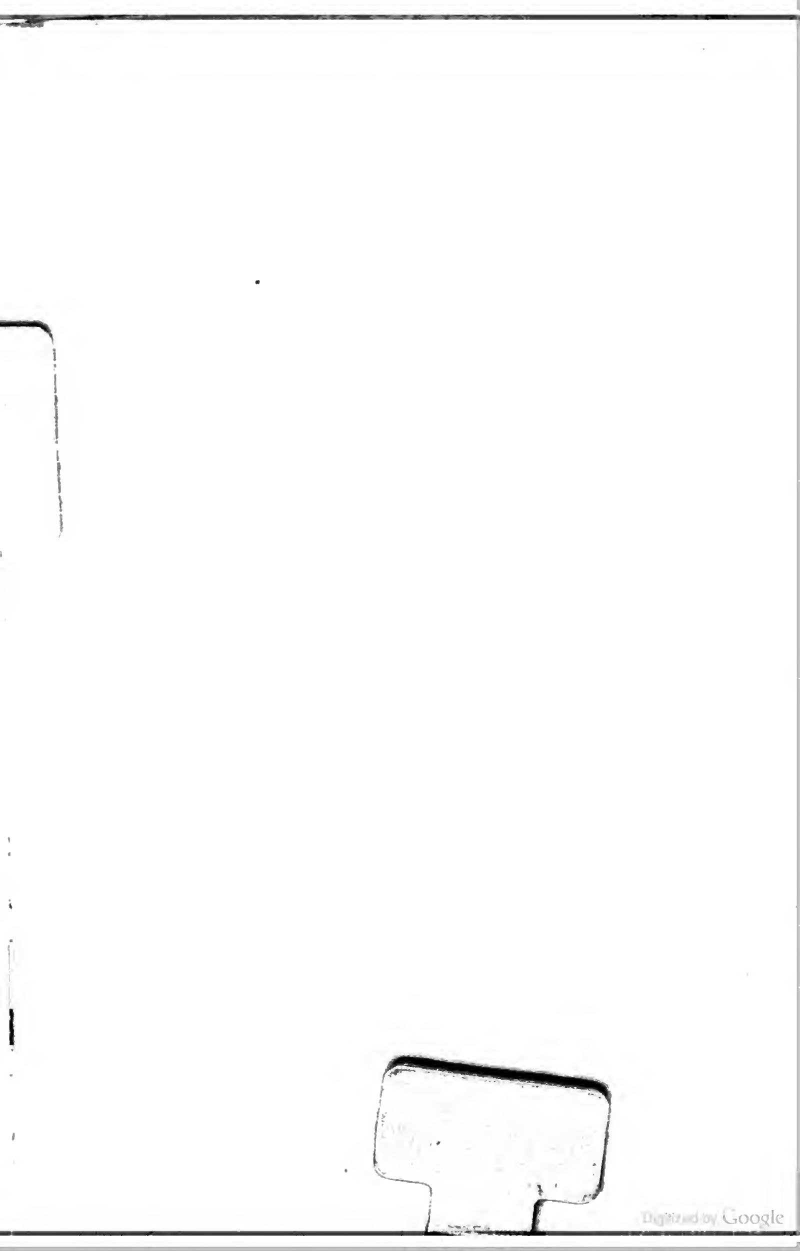


ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.
(Extrait du tome XXII, n° 2, des Bulletins.)



NOUVELLES RECHERCHES

SUR

LA COLORATION DES PLANTES;

PAR

M. MARTENS,
Membre de l'Académie royale de Belgique.

Depuis les premières recherches que j'ai publiées sur les couleurs des végétaux, dans les *Bulletins de l'Académie*, t. XX, 1re partie, pp. 197 et suiv., d'autres savants se sont occupés du même sujet et sont arrivés à des résultats analogues à ceux que j'avais déjà obtenus. Ainsi M. Filhol, dans une communication faite à l'Institut de France, en sa séance du 14 juillet 1854, a publié un fait curieux, à savoir que toutes les fleurs blanches renferment un prin-

cipe organique colorable en jaune par les alcalis (1); de sorte que les fleurs blanches jaunissent lorsqu'elles sont exposées à la vapeur ammoniacale.

En répétant et en variant les expériences de M. Filhol, j'ai reconnu que le fait qu'il a annoncé était beaucoup plus général qu'il ne l'avait soupçonné, et que toutes les parties superficielles ou sous-épidermiques des plantes, tant celles qui sont herbacées que celles qui sont pétaloïdes, renfermaient ce principe colorant jaunâtre, qui, selon moi, est le même que celui que j'ai découvert dans la couche sous-épidermique des feuilles du chou rouge. Voici quelques-unes des expériences qui m'ont conduit à cette conclusion.

J'ai rempli de feuilles vertes et fraîches, prises sur diverses plantes, un bocal en verre à large goulot, et j'y ai versé de l'éther, de manière que les feuilles fussent submergées. Au bout de trois jours de macération à froid, j'ai trouvé que l'éther avait expulsé des feuilles un suc aqueux d'une couleur jaunâtre pâle, tout en dissolvant la chlorophylle des feuilles avec laquelle il avait formé un liquide d'un vert intense. Le suc aqueux ayant été séparé par décantation du liquide éthéré vert, j'ai constaté qu'il prenait une couleur jaune d'or très-prononcée par l'addition de quelques gouttes d'ammoniaque, et qu'il perdait

(1) J'avais déjà entrevu ce fait lors de mes premières recherches sur la coloration chez les végétaux; car dans la notice que j'ai publiée à ce sujet, j'ai dit (pages 17, 26, 33, etc.) que dans beaucoup de fleurs on trouvait, à côté de la matière colorante dominante, un suc jaunâtre pâle, jaunissant très-fortement par les alcalis. D'ailleurs, Meyen avait avancé depuis longtemps que les fleurs blanches jaunissent sous l'action des alcalis, parce qu'elles renferment une matière extractive se colorant en jaune à l'air et par les alcalis. (*Pflanzen Physiologie*, t. II, p. 44.)

cette couleur lorsqu'on l'acidulait par de l'acide chlorhydrique, pour jaunir de nouveau fortement en présence d'un excès d'ammoniaque. Ayant évaporé au bain-marie une partie du suc aqueux précédent, j'ai obtenu une matière extractive d'un jaune pâle, jaunissant vivement à la vapeur de l'ammoniaque liquide et offrant la plus grande analogie avec la substance décrite sous le nom de *xantheine*, par MM. Fremy et Cloëz, dans le *Journal de pharmacie et de chimie* (1).

J'ai reconnu aussi qu'en triturant des feuilles vertes et fraîches dans un mortier en pierre, afin d'exprimer leur suc, et filtrant ce dernier pour retenir les granules de chlorophylle qui s'y trouvent, on obtient un liquide clair, légèrement jaunâtre, qui prend une couleur jaune d'or par l'addition de l'ammoniaque et qui donne, par l'évaporation, la même substance extractive jaune que j'ai rencontrée dans le suc aqueux expulsé par l'éther d'autres feuilles vertes.

---

(1) Ces savants ont reconnu que le jaune des fleurs est dû à deux principes immédiats, l'un insoluble dans l'eau, qu'ils appellent *xanthine*, l'autre soluble, qu'ils nomment *xantheine*. Caventou avait déjà reconnu l'existence de ces deux principes colorants dans les fleurs du *Narcissus pseudo-narcissus*. Berzelius avait aussi fait la remarque que l'*anthoxanthine* de certaines fleurs était résineuse et se dissolvait dans l'alcool, non dans l'eau; tandis que celle d'autres fleurs était soluble dans l'eau et presque pas dans l'alcool anhydre. Moi-même j'ai constaté, depuis plus de 3 ans, que « la matière colorante » jaune se présente dans les plantes sous deux états, tantôt sous celui d'une » substance extractiforme très-soluble dans l'eau, d'un jaune pâle, prenant » une couleur jaune intense par les alcalis......; tantôt sous la forme d'une » matière grasse ou résineuse, insoluble dans l'eau, ayant une couleur jaune » intense, que les alcalis et les acides dilués ne modifient pas notablement. » C'est cette dernière substance qui constitue la *xanthophylle* ou le jaune des feuilles automnales. (*Recherches sur les couleurs des végétaux*, p. 35.)

Les feuilles contiennent donc un principe colorable en jaune par les alcalis, qui est sans doute le même que celui dont j'avais antérieurement constaté l'existence dans les feuilles de choux rouges ou roses et dans beaucoup de fleurs, notamment dans les fleurs bleues. (Martens, *Recherches sur les couleurs des végétaux*, pp. 13 et 17.)

Pour vérifier jusqu'à quel point cette opinion était fondée, j'ai détaché avec précaution la pellicule purpurine superficielle des feuilles de chou rouge; j'en ai ensuite séparé la couche cellulaire incolore, immédiatement sous-jacente à la pellicule pourpre ou rouge, et ayant divisé ce tissu incolore en petits fragments, je les ai mis en macération dans l'éther. Celui-ci, au bout de trois jours, en avait expulsé un suc aqueux peu abondant et incolore, mais qui se colorait en jaune par l'ammoniaque et se décolorait de nouveau par l'acide chlorhydrique. Toutefois, je n'ai jamais pu obtenir ainsi isolément, en quantité notable, le principe colorant jaune des choux rouges; car ce principe n'existe que dans les cellules des couches superficielles du mésophylle de la feuille, très-voisines de celles qui contiennent le principe colorant bleu, rougi dans les choux par un acide; de sorte qu'il est presque impossible de séparer mécaniquement les deux matières colorantes. Je suis même porté à croire que les cellules qui renferment le principe bleu sous forme de vésicules, comme on le voit au microscope (*Recherches*, etc., p. 36), contiennent parfois, à côté de ces vésicules ou dans le liquide qui les entoure, un peu du principe colorable en jaune par les alcalis. C'est la présence de ce principe dans les infusions de chou rouge, à côté du principe bleu rougi par l'acide carbonique, qui fait que ces infusions se colorent en vert par les alcalis.

Il m'a paru que le meilleur moyen de séparer dans les choux rouges le principe colorant jaunâtre du principe bleu, c'est d'enlever avec précaution la pellicule pourpre superficielle des feuilles de chou, et d'exprimer ensuite le suc du tissu parenchymateux sous-jacent, après l'avoir convenablement divisé et broyé dans un mortier de grès. Ce suc trouble et incolore ayant été soumis, pendant quelques instants, à une chaleur de 100° pour en coaguler l'albumine, doit être ensuite filtré. On obtient ainsi un liquide clair qui jaunit légèrement pendant qu'on le concentre par évaporation ou quand on y ajoute de l'ammoniaque, et qui, après son évaporation, laisse un peu de matière extractive jaune. Parfois ce suc ainsi obtenu contient encore des traces du principe bleu, et alors il se colore en rose ou rouge pâle par l'acide chlorhydrique.

La grande difficulté que l'on éprouve à isoler le principe jaune du principe bleu dans les choux rouges, fait que le premier rougit en général par les acides, qualité qui n'est pas propre à l'anthoxanthine elle-même, comme je l'avais pensé d'abord *(Recherches sur les couleurs des végétaux)*, mais bien à la cyanine qui lui est associée, et dont les moindres traces donnent à l'eau la propriété de rougir par les acides.

Le suc qui contient le principe extractif jaunâtre des feuilles est généralement d'autant plus coloré qu'il se trouve dans des cellules plus rapprochées de l'épiderme, comme si sa coloration était principalement due à l'action de l'air.

Toutes les feuilles à couleur différente du vert, même celles qui sont étiolées ou accidentellement incolores, renferment dans leur mésophylle le même principe extractif, colorable en jaune par les alcalis et par l'oxygénation.

Ayant laissé séjourner de l'éther sur des parties étiolées blanches des feuilles fraîches d'un *Pelargonium ribifolium*, que j'avais entassées à cet effet dans un flacon, j'ai vu, au bout de trois jours, que l'éther en avait expulsé un suc aqueux légèrement jaunâtre. Ce suc prenait une couleur d'un jaune d'or par l'ammoniaque, et cette couleur jaune disparaissait en acidulant le liquide. L'évaporation du suc a fourni une matière extractive jaunâtre, semblable à celle que fournit le suc filtré des feuilles vertes et présentant les mêmes réactions. L'éther avait pris aussi une couleur jaunâtre, qui devenait plus foncée par l'addition de l'ammoniaque, et il a donné, par son évaporation, un peu de matière extractive jaunâtre, soluble dans l'eau, et dont la solution jaunissait vivement par un peu d'ammoniaque et se décolorait par l'acide chlorhydrique. C'était évidemment le même principe colorant que celui rencontré dans le suc aqueux des feuilles, déplacé par l'éther. Il n'est donc pas étonnant que les feuilles étiolées blanches n'offrent jamais une couleur d'un blanc parfait, mais plutôt une couleur blanche légèrement jaunâtre et passant rapidement au jaune lorsqu'on les expose à la vapeur de l'ammoniaque liquide.

Le même principe colorant jaune se retrouve dans les feuilles à couleur pourpre foncée du *Perilla nankinensis*. Ces feuilles contiennent trois matières colorantes : 1° de la chlorophylle verte; 2° une matière colorante bleue (*anthocyane*), faiblement rougie par un acide et occupant spécialement les cellules du derme; 3° le principe colorant jaunâtre ordinaire, logé à l'état de suc dans le mésophylle. Après avoir entassé ces feuilles, récemment cueillies, dans un bocal allongé, je les ai recouvertes avec de l'éther, et après une macération de trois jours, j'ai trouvé

l'éther coloré en vert par la chlorophylle, et au fond du flacon se trouvait un peu de suc pourpre aqueux, rougissant faiblement le papier bleu de tournesol. Ce suc verdissait par l'ammoniaque, sans doute parce qu'à côté du principe colorant pourpre, que l'alcali fait passer au bleu, il s'y trouvait le principe jaunâtre, auquel l'ammoniaque donne une cóuleur jaune foncé.

Si, au lieu de laisser macérer les feuilles pourpres du *Perilla nankinensis* avec de l'éther, on les met en macération dans l'alcool à 86 degrés centésimaux, celui-ci dissout toutes les matières colorantes des feuilles, en prenant toutefois la couleur verte de la chlorophylle, qui est dominante. Si l'on délaye cette infusion alcoolique avec beaucoup d'alumine hydratée gélatiniforme, récemment préparée, elle se décolore, et en la filtrant au bout de quelque temps, on obtient un liquide limpide, en apparence incolore, mais contenant cependant un peu d'*anthocyane*, puisqu'il rougit sensiblement par l'addition d'un acide fort.

Toutes les feuilles d'un rouge pétaloïde ne contiennent pas, comme celles du *Perilla* ci-dessus, beaucoup de granules de chlorophylle. Celle-ci m'a paru manquer complétement dans les feuilles luisantes, à couleur rouge vive sur les deux faces, d'un *Viburnum odoratissimum*, Ker., cultivé dans les serres du Jardin botanique de Louvain sous le nom de *Viburnum Owatski*.

Ayant laissé macérer ces feuilles rouges, découpées en petits fragments, avec de l'éther, celui-ci en a expulsé un suc rouge et s'est coloré en jaune pâle sans aucun mélange de vert. Cette coloration jaune s'est foncée davantage par l'addition de l'ammoniaque et est devenue très-pâle en ajoutant de l'acide chlorhydrique. L'éther évaporé a laissé un résidu d'un blanc jaunâtre, dans lequel on reconnais-

sait la présence de la xantheine par l'action des réactifs, et surtout en l'exposant successivement aux vapeurs ammoniacales et acides.

Le suc rouge, expulsé des feuilles par l'éther, a une faible réaction acide; sa couleur rouge devient plus intense par les acides, ce qui prouve qu'il contient de l'anthocyane; mais il renferme surtout beaucoup de xantheine, puisque l'ammoniaque lui donne une couleur brune ou d'un jaune très-foncé, masquant complétement la couleur de l'anthocyane. D'ailleurs, le principe bleu n'y existe probablement qu'en quantité très-minime, et le rouge de ces feuilles paraît dériver principalement du jaune.

Nous retrouvons encore la xantheine ou l'*anthoxanthine soluble* dans les feuilles accidentellement jaunes, telles que celles du *Croton pictum*, cultivé dans nos serres pour la coloration jaune-doré de ses feuilles. Ayant découpé en fragments quelques-unes de ces feuilles et les ayant fait macérer dans un bocal allongé avec de l'éther, j'ai remarqué que l'éther en avait expulsé, au bout de 3 jours, un suc aqueux de couleur jaune, mais pâle, qui prenait une couleur jaune très-intense par l'ammoniaque, et se décolorait ensuite, quand on l'acidifiait par l'acide chlorhydrique. L'éther lui-même avait pris une couleur jaune et a donné, par son évaporation spontanée, une matière jaune solide, dont l'eau a séparé un peu de matière extractive jaunâtre, se colorant en jaune foncé par l'ammoniaque (c'est la xantheine), et dont le restant formait une matière jaune graisseuse, dont la couleur ne se modifiait pas sensiblement par l'ammoniaque et qui offrait les réactions de la *xanthophylle* de Berzelius ou de la *xanthine* de MM. Fremy et Cloëz, deux substances renfermant, selon moi, le même principe colorant.

Pour examiner s'il y avait quelque différence essentielle entre la couleur jaune, naturelle aux feuilles précédentes, et celle des feuilles ordinaires qui sont devenues jaunes par les progrès de la végétation ou par l'état maladif qui les fait dépérir peu de temps avant leur chute naturelle, j'ai pris des feuilles d'un *Erithrina caffra* qui avaient contracté, par l'effet de leur dépérissement, une couleur d'un beau jaune-citron et étaient sur le point de se détacher de la plante. Les ayant mises en macération avec de l'éther pendant trois jours, j'ai obtenu : 1° une solution éthérée jaune; 2° un suc aqueux d'un jaune un peu rougeâtre, sous-jacent à l'éther. La couleur jaune de ce suc s'est foncée considérablement par l'ammoniaque, et en y ajoutant ensuite de l'acide chlorhydrique en excès, il s'est presque entièrement décoloré.

Le liquide éthéré jaune, ayant été additionné d'un peu d'eau ammoniacale, a laissé précipiter une substance jaune, dont ni l'ammoniaque ni l'acide chlorhydrique ne modifiaient sensiblement la teinte : c'était de la *xanthine* ou *xantophylle*, que j'ai obtenue également, en laissant s'évaporer la teinture éthérée jaune. Le résidu de cette évaporation cédait toutefois à l'eau un peu de matière colorable en jaune par les alcalis; il renfermait donc encore de la *xantheine.*

Une seule macération avec de l'éther n'enlève généralement pas aux feuilles jaunes toute la xantheine qui s'y trouve. Ainsi, en faisant digérer avec de l'eau froide les feuilles jaunes, qui avaient déjà été épuisées en partie par une macération préalable avec de l'éther, on obtient des solutions d'un jaune très-pâle, mais jaunissant vivement par l'addition d'un peu d'ammoniaque et se décolorant ensuite quand on les acidule par l'acide chlorhydrique.

Les feuilles ordinaires qui ont pris cette couleur jaune avant leur chute naturelle ou spontanée se sont comportées, sous ce rapport, de la même manière que celles qui ont une couleur naturellement jaune, comme les feuilles jaunes du *Croton pictum.* Les solutions aqueuses de ces deux espèces de feuilles ont donné, par l'évaporation, des matières extractives semblables, de couleur jaunâtre, et présentant les mêmes réactions avec les acides et les alcalis.

On voit, par ce qui précède, que la coloration jaune naturelle à certaines feuilles est due aux mêmes principes colorants que ceux qui déterminent le passage du vert au jaune dans les feuilles à l'arrière-saison. C'est ce qu'il est encore facile de constater avec nos feuilles jaunes automnales ordinaires.

Ayant cueilli, à la fin de décembre 1854, sur des rosiers de Provence en plein air, un certain nombre de feuilles jaunes, offrant aussi, dans une partie de leur étendue, la coloration rouge qui succède souvent au jaune, je les ai découpées et mises en macération dans un bocal avec de l'éther. Celui-ci s'était coloré fortement en jaune au bout de quatre jours et avait expulsé des feuilles un peu de suc jaune-brunâtre, neutre aux papiers réactifs. Ce suc, étendu de 5 à 6 fois son volume d'eau, offrait encore une couleur jaune très-marquée, qui est devenue beaucoup plus foncée et a passé au brun par l'addition d'un peu d'ammoniaque. En ajoutant ensuite de l'acide chlorhydrique en excès, le liquide s'est presque décoloré complétement, sans offrir aucune trace de coloration rouge. L'absence de cette dernière couleur, en présence des acides, devait me porter à conclure que les taches rougeâtres, observées à la surface des feuilles hivernales du rosier, ne pouvaient dériver du

principe bleu, mais devaient se rattacher, au contraire, à l'anthoxanthine ou au principe jaune, et résulter de l'altération que peut éprouver à la longue ce principe colorant par l'action simultanée de la lumière et de l'oxygène (1). Le rouge de ces feuilles est du rouge xanthique, mêlé à l'anthoxanthine dans le suc jaune que l'éther avait déplacé des feuilles (2).

La teinture éthérée jaune, évaporée spontanément à l'air, a laissé pour résidu une matière solide jaune, dont l'eau a extrait une partie soluble, jaunâtre, formant avec elle une solution peu colorée, qui a pris une couleur jaune intense par l'ammoniaque. Cette solution a laissé, après l'évaporation, une matière extractive d'un jaune légèrement brunâtre, prenant une couleur jaune plus foncée quand on l'expose aux vapeurs ammoniacales. Cette matière extractive, étendue en pellicule mince à la surface d'une capsule de porcelaine, a pris une couleur plus intense, légèrement rougeâtre, par une exposition de quelques jours à l'air. Les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés lui ont aussi donné une couleur jaune plus intense, propriété que possèdent également la xanthophylle et même le morin.

---

(1) Meyen a fort bien observé ce passage du jaune au rouge, puisque l'on voit, dit-il, dans plusieurs cas, la coloration rouge se produire dans les mêmes cellules qui renfermaient le principe jaune (fleurs du *Cheiranthus Cheiri*), et surtout dans les cellules les plus superficielles, sans doute parce que la xantheine y est le plus exposée à l'action de l'air. (*Neues System der Pflanzen Physiologie*, t. I, 187.) Berzelius avait observé aussi que le rouge des feuilles automnales ne provenait pas généralement du bleu.

(2) Dans mes premières recherches sur les couleurs des végétaux, je n'avais pas obtenu de suc aqueux jaune, en faisant macérer avec de l'éther des feuilles jaunes automnales; mais je n'avais employé alors que des feuilles sèches, ce qui explique la différence des résultats obtenus.

La partie colorante insoluble dans l'eau s'est présentée sous forme d'une poudre jaune, qui, vue au microscope avec un grossissement de 200 fois au moins, m'a offert l'aspect de globules jaunes, analogues à ceux de la chlorophylle jaune des feuilles automnales, mais un peu plus petits; de sorte que la xanthophylle semble posséder une propriété analogue à celle de l'amidon, qui, dissous ou liquéfié avec de l'eau à 150°, peut, par le refroidissement, reprendre sa forme globulaire ou se séparer de l'eau en très-petits globules.

Il résulte des expériences précédentes que toutes les parties herbacées des plantes, même celles qui sont accidentellement pétaloïdes, renferment un principe colorant jaunâtre, dissous dans le suc des cellules voisines de l'épiderme. Ce principe est sans doute le point de départ des couleurs xanthiques, puisqu'il prend une couleur jaune intense sous l'influence des alcalis, et peut-être même par la seule action de l'oxygène et de la lumière sous l'influence de la végétation. C'est lui probablement qui produit la substance extractive jaune ou fauve, que l'on trouve si fréquemment associée à d'autres matières colorantes organiques dont elle altère les nuances ou la pureté, comme dans la garance, dans le carthame, etc.; c'est encore lui qui semble donner naissance à toutes les substances colorantes jaunes employées en teinture, telles que le morin, la lutéoline, le jaune de curcuma; car toutes ces matières prennent une couleur jaune plus foncée par les alcalis. Si ceux-ci teignent en brun le curcuma, c'est que ce brun n'est que du jaune plus foncé, comme on peut s'en assurer en étendant la liqueur d'eau. Ces substances jaunes, et entre autres le morin, tendent aussi à rougir, comme on sait, sous l'influence de l'oxygène; nouvelle analogie avec

le jaune des feuilles et des fleurs; ce qui explique l'origine du *rouge xanthique* dans les plantes et montre que la couleur rouge ne procède pas toujours du bleu par acidification, comme on l'avait pensé généralement.

Si nous examinons maintenant, au point de vue de la coloration, les fleurs ou les corolles, nous y retrouvons le même principe colorant jaunâtre, tantôt isolé, comme dans les fleurs blanches, tantôt associé à une autre couleur, soit cyanique, soit xanthique.

Ainsi toutes les fleurs blanches, celles des camellia blancs, des roses blanches, des aster blancs, des *Verbena* blancs, jaunissent vivement dans la vapeur ammoniacale, et perdent cette couleur lorsqu'on les porte ensuite dans la vapeur d'acide chlorhydrique.

Ayant laissé macérer des pétales blancs et frais du *Camellia axillaris* avec de l'éther, celui-ci en a expulsé, au bout de quelques jours, un suc aqueux d'un jaune pâle qui jaunit avec intensité quand on y ajoute une goutte d'ammoniaque liquide, et se décolore ou reprend sa couleur primitive quand on l'acidule par de l'acide chlorhydrique. Ce suc présente absolument les mêmes caractères que celui que, par un procédé analogue, j'ai retiré des feuilles étiolées ou décolorées; il donne, par évaporation, la même substance extractive incristallisable, et l'éther lui-même contenait un peu de ce principe colorant en dissolution, comme je m'en suis assuré en l'évaporant. Le résultat de la macération des fleurs blanches de camellia dans l'éther, comme aussi celui que m'ont donné des roses blanches, a été exactement semblable, au point de vue des principes colorants, à celui que m'ont fourni des feuilles étiolées ou accidentellement décolorées.

En opérant de la même manière avec des pétales de roses

d'un blanc légèrement rougeâtre, j'ai obtenu, au fond de la solution éthérée, un suc à couleur de rose ou d'un rouge pâle, prenant une couleur fauve ou jaune rougeâtre par un peu d'ammoniaque et une couleur rouge franche par de l'acide chlorhydrique. Il y avait donc ici, outre le principe colorable en jaune par les alcalis, un peu de matière colorante différente. L'éther employé ne contenait que le principe jaune, qui est à la fois soluble dans l'eau et dans l'éther, à l'instar de la xantheine de MM. Frémy et Cloëz, à laquelle il se rattache manifestement.

Si au lieu de prendre des fleurs blanches pour les soumettre à la macération, soit avec l'éther, soit avec l'alcool ou avec l'eau, on prend des fleurs colorées, on trouve généralement, à côté de la matière colorante dominante, le même principe jaunâtre, colorable en jaune d'or par les alcalis et que nous continuerons de désigner sous le nom de *xantheine* ou d'*anthoxanthine*. Voilà pourquoi la plupart des fleurs bleues verdissent par la vapeur de l'ammoniaque, le vert provenant ici du mélange du bleu avec le jaune produit par l'alcali. Ces mêmes fleurs rougissent par les acides dilués, qui font pâlir le jaune et impriment une couleur d'un rouge vif au principe bleu. Les fleurs purpurines de divers aster, dont la couleur rouge, mêlée au bleu (ce qui constitue le pourpre), appartient à la série cyanique, verdissent de même dans la vapeur de l'ammoniaque et rougissent dans celle de l'acide chlorhydrique. Les fleurs du *Verbena chamædrifolia* à couleur rouge écarlate verdissent également par l'ammoniaque, qui bleuit le rouge cyanique en même temps qu'il jaunit la xantheine. Ce qui montre, d'ailleurs, que ce dernier principe colorant existe dans ces fleurs à côté du rouge, c'est que, d'après les observations de M. Filhol (*Comptes rendus de l'Acadé-*

mie des sciences de Paris, t. XXXIX, p. 190), l'infusion alcoolique rouge des fleurs en question donne, avec l'alumine hydratée, une laque jaunâtre, et le liquide qui surnage cette laque rougit par les acides et bleuit par les alcalis. L'alumine avait donc entraîné avec elle l'anthoxanthine et laissé en dissolution la majeure partie de l'anthocyane ou de la cyanine. Cette observation de M. Filhol m'avait porté à croire qu'à l'aide de l'alumine hydratée gélatiniforme, on parviendrait à séparer, dans l'infusion aqueuse des feuilles de chou rouge, le principe colorant jaune du principe bleu; mais quoique j'aie employé un excès d'alumine gélatineuse, le liquide filtré, même en apparence incolore, verdissait encore légèrement par l'ammoniaque et rougissait sensiblement par l'acide chlorhydrique; ce qui montre qu'il restait encore en dissolution tant soit peu de cyanine et de xantheine. J'ai alors ajouté à l'infusion de chou rouge de l'oxyde de plomb hydraté, précipité d'une solution d'acétate de plomb par la potasse; j'ai obtenu une laque verdâtre, rougissant vivement par les acides, et le liquide filtré était parfaitement incolore et n'offrait plus de traces de matière colorante. Voulant séparer de cette laque les matières colorantes qui s'y trouvent, je l'ai délayée avec un peu d'eau et l'ai soumise à l'action d'un courant d'hydrogène sulfuré, jusqu'à ce qu'il y eût excès de ce dernier; j'ai ainsi séparé tout le plomb à l'état de sulfure noir, et comme la cyanine ou l'anthocyane se laisse décolorer par l'hydrogène naissant, j'avais soupçonné que l'hydrogène sulfuré produirait *à fortiori* le même résultat, et que je pourrais ainsi obtenir isolément le principe colorant jaune ou la xantheine. Toute la bouillie noire a donc été jetée sur un filtre; mais le liquide filtré était incolore et ne se colorait pas même sensible-

ment par l'ammoniaque; toutefois, l'ayant concentré jusqu'au 10e de son volume, il a pris une faible teinte jaunâtre, qui est devenue un peu plus foncée par l'addition de l'ammoniaque; il ne contenait donc pas de xantheine en quantité notable, soit que cette substance ait été altérée, aussi bien que la cyanine par l'hydrogène sulfuré; soit qu'elle soit restée incorporée au sulfure de plomb; mais cette dernière supposition est peu vraisemblable, puisque le sulfure plombique, mis en macération, à une douce chaleur, avec de l'ammoniaque liquide, ne lui a pas cédé de matière colorante.

Il n'est pas inutile de faire observer ici que le principe colorant jaune se forme et se rencontre ordinairement dans des cellules moins superficielles que le principe bleu; c'est ce qui se voit surtout dans les feuilles de chou rouge, et ce que l'on peut également constater dans beaucoup de fleurs où la couleur bleue et ses dérivés font souvent partie des cellules du derme, tandis que les couleurs xanthiques appartiennent aux couches cellulaires sous-épidermiques. Meyen avait déjà constaté ce fait. (Voir *Neues System der Pflanzen Physiologie*, t. Ier, pp. 187 et 188.)

Je n'ai jusqu'ici rencontré aucune fleur bleue qui ne renfermât en même temps le principe colorable en jaune par les alcalis. Les pétales de bleuet en renferment manifestement; aussi le principe bleu qu'en ont extrait MM. Frémy et Cloëz et auquel ils ont donné le nom de *cyanine*, verdit-il, par les alcalis, parce qu'il contient de la xantheine, qui, étant incristallisable comme la cyanine et soluble comme elle dans l'eau et dans l'alcool, ne pouvait pas s'en séparer dans le procédé de préparation employé par les deux savants chimistes français. Je ferais remarquer aussi que la cyanine de ces savants n'est autre chose

que l'*anthokyane* de Marquart et de Berzelius, puisqu'elle possède tous les caractères qui ont été assignés à cette dernière substance.

Il est facile de constater la présence de la xantheine dans les fleurs bleues, en les laissant macérer dans de l'éther qui dissout une partie de la xantheine et en expulse une autre portion à l'état de suc jaune, si les fleurs employées sont fraîches et par suite aqueuses. C'est ce qu'on remarque, notamment, avec la variété à fleurs bleues du *Verbena chamædrifolia,* comme aussi avec les fleurs bleues de l'*Eranthemum strictum.*

Une circonstance qu'il ne faut pas perdre de vue pour expliquer quelques phénomènes de coloration, c'est que la couleur rouge que prend la cyanine par les acides est beaucoup plus intense que la teinte bleue qui lui est propre; de sorte que de très-faibles solutions de cyanine, dont la coloration bleue est à peine appréciable à l'œil, prennent une couleur rouge assez vive lorsqu'on les rend acides; aussi les *Verbena chamædrifolia* à fleurs bleues ne donnent-elles jamais, par leurs corolles, des infusions aussi colorées que les verveines à fleurs écarlates, et lorsqu'on vient à neutraliser l'acide contenu dans ces dernières par un peu de vapeur ammoniacale, leur teinte devient beaucoup moins intense en bleuissant. Il n'est pas rare d'obtenir avec des fleurs bleues des infusions tellement faibles qu'elles paraissent incolores, ce qui tend à faire croire que la solution ne contient pas de principe bleu; mais l'existence de ce principe devient manifeste lorsqu'on le rougit par un acide ou lorsqu'on concentre fortement la solution par évaporation.

Les couleurs rouges les plus vives des fleurs contiennent généralement du rouge cyanique et ne consistent souvent

qu'en cyanine ou anthocyane, rougie par un acide; aussi les fleurs bleues et entre autres celles de certaines variétés de *Verbena chamædrifolia* n'offrent-elles pas la moindre réaction acide, tandis que les fleurs rouges d'autres variétés de cette espèce sont constamment acides, comme on s'en assure en les comprimant entre des feuilles de papier bleu de tournesol légèrement mouillées. De même l'éther qu'on fait macérer avec ces fleurs rouges, fraîchement cueillies, en expulse, au bout quelques jours, un peu de suc rouge à réaction acide; mais ce suc contient beaucoup de xantheine, car en le neutralisant, il verdit, et si on y ajoute de l'ammoniaque en excès, il devient d'un jaune foncé; c'est que la xantheine masque alors complétement le principe bleu.

Les fleurs rouges de verveines décolorées dans l'éther n'ont pas encore perdu toute leur xantheine; car elles jaunissent encore, comme les verveines blanches, à la vapeur de l'ammoniaque.

Toutes les fleurs rouges de la série cyanique renferment beaucoup de xantheine, colorable en jaune par les alcalis. Ainsi les roses rouges fraîches se décolorent dans l'éther en laissant échapper beaucoup de suc rouge faiblement acidulé, qui, par un excès d'ammoniaque, devient d'un jaune brun intense, et prend une couleur rouge des plus vives en l'acidulant par l'acide chlorhydrique; c'est que ce dernier acide, en rougissant avec intensité la cyanine, décolore presque le jaune produit par l'ammoniaque, tandis que celui-ci produit avec la xantheine une coloration jaune si vive qu'elle masque la couleur de la cyanine. L'éther lui-même qui a macéré avec les roses rouges tient en dissolution un peu de xantheine, mais pas de cyanine qui, comme on sait, y est insoluble et se décolore, du reste, par l'action de l'éther.

Les pétales rouges du *Rudbeckia serotina* se comportent dans l'éther comme les roses rouges de Provence. Ils se décolorent complétement dans ce liquide, qui prend une teinte jaune par la dissolution d'un peu de xantheine et expulse des pétales un suc rouge légèrement acide, qui, par l'addition lente et successive de l'ammoniaque, passe d'abord au bleu, puis au jaune brun et reprend une couleur rouge vive quand on l'acidule par l'acide chlorhydrique. Le rouge de ces fleurs est donc encore du rouge cyanique.

Il en est de même du rouge des fleurs de *Fuchsia*, qui, du reste, bleuissent à la vapeur de l'ammoniaque, et qui ont une réaction acide, comme on s'en assure en les comprimant pendant vingt-quatre heures entre des feuilles de papier bleu de tournesol mouillées.

Nous pouvons en dire autant des pétales roses du *Potentilla nepalensis*, comme des pétales purpurines de l'*Anemone japonica*, qui toutes renferment du rouge cyanique et, en même temps que ce dernier, de l'anthoxantine peu colorée, mais très-colorable en jaune par les alcalis.

Les fleurs rouges de l'*Erythrina crista galli* contiennent encore du rouge cyanique; car elles bleuissent à la vapeur de l'ammoniaque et rougissent vivement à celle de l'acide chlorhydrique. Ces fleurs renferment moins de xantheine que la plupart des autres fleurs rouges, comme on s'en assure en les mettant en macération avec de l'éther; toutefois, le suc aqueux rouge que l'éther en expulse prend une couleur rouge fauve, légèrement jaunâtre, par un excès d'ammoniaque, preuve qu'il existe dans ce suc de la xantheine mêlée à du rouge cyanique et probablement aussi à du rouge xanthique.

Toutes les fleurs rouges ne proviennent pas, comme on

l'a dit mal à propos, de l'action des acides sur la cyanine ou l'anthocyane. S'il en était ainsi, elles appartiendraient toutes à la série cyanique; mais ce qui montre que c'est là une erreur, c'est qu'il a été constaté par l'observation que le jaune peut passer lentement au rouge dans les plantes sous l'influence de l'oxygène et de la lumière; cela se remarque même, en dehors de toute influence vitale, sur le morin et d'autres matières jaunes tinctoriales.

Toutes les fleurs jaunes dont la durée se prolonge pendant plusieurs jours, de même que les feuilles automnales jaunes, qui restent attachées aux plantes, finissent généralement par rougir ou par prendre une teinte rougeâtre, et alors elles renferment du rouge xanthique qui s'est développé aux dépens du principe jaune. L'éther dans ce cas en expulse un suc plus ou moins rouge, nullement acide, que l'ammoniaque ne bleuit, ni ne verdit. D'ailleurs les fleurs qui ne renferment que du rouge xanthique ne changent pas sensiblement de teinte dans la vapeur ammoniacale et ne prennent pas de coloration rouge plus intense par les acides; c'est ce qu'on remarque, entre autres, sur les fleurs rouges du *Zauschneria californica*.

Comme toutes les fleurs renferment généralement de la xantheine, ou du moins le suc colorable en jaune par les alcalis, on ne trouve pas souvent des corolles dont la couleur soit exclusivement restreinte à la série cyanique; mais eu égard à l'altérabilité du principe bleu, il ne sera pas rare de trouver des fleurs dont la couleur appartienne exclusivement à la série xanthique, c'est ce que l'expérience confirme. D'après cela, on ne doit pas s'étonner de rencontrer, dans le même genre de plantes, des fleurs à couleur bleue et des fleurs à couleur jaune, témoin les *Linum*. De même plusieurs fleurs rouges pourront renfermer à la

fois du rouge xanthique et du rouge cyanique. Telles sont les fleurs de coquelicot. On explique ainsi comment l'infusion aqueuse ou alcoolique de ces fleurs peut rougir plus vivement par l'action des acides et prendre une couleur d'un violet pourpre (mélange de rouge et de bleu) par l'ammoniaque, qui fait passer au bleu le rouge cyanique, sans modifier sensiblement le rouge xanthique.

C'est parce que les plantes nous offrent deux espèces de coloration rouge à origine très-distincte, que les chimistes ont, depuis longtemps, reconnu que les couleurs rouges dans les fleurs étaient dues à deux matières colorantes très-différentes : l'une, se rattachant à la cyanine, est soluble dans l'eau, très-altérable et décolorable par désoxygénation; l'autre, se rattachant aux couleurs jaunes, est beaucoup plus fixe, souvent insoluble dans l'eau ou de nature résineuse et ne pouvant guère passer qu'au jaune par désoxydation.

On a trouvé aussi, à la vérité, une certaine différence entre les principes colorants jaunes des fleurs, l'un étant soluble dans l'eau et l'autre ne l'étant pas; mais ces différences semblent dues d'une part, à ce que le principe soluble ou la xantheine peut en s'oxygénant, surtout sous l'influence des alcalis, prendre une couleur jaune plus foncée, et d'autre part, à ce qu'elle s'associe souvent intimement à une matière grasse qui la rend insoluble dans l'eau. Aussi la substance jaune insoluble, que MM. Fremy et Cloëz ont appelée *xanthine*, me paraît dériver constamment de la xantheine, avec laquelle elle est presque toujours mélangée dans les fleurs jaunes, comme on peut s'en assurer en soumettant ces dernières à l'action de divers dissolvants.

Ayant laissé macérer avec de l'éther les fleurs jaunes

de divers *Helianthus*, récemment cueillies, j'ai obtenu au-dessous de l'éther une mince couche d'un liquide aqueux de couleur jaune fauve, prenant une couleur jaune beaucoup plus intense par l'ammoniaque et par les acides minéraux concentrés. Ce liquide contenait de la xantheine. L'éther lui-même avait pris une couleur jaune; mais le résidu jaunâtre solide qu'il a donné par son évaporation, après avoir été lavé avec un peu d'eau, ne changeait pas de couleur ni de teinte par l'ammoniaque; c'était de la xanthine, soluble dans l'alcool, non dans l'eau.

Les pétales jaunes de divers *Rudbeckia* m'ont donné des résultats semblables.

En laissant macérer les fleurs jaunes en question avec de l'eau, même après avoir été épuisées en partie par l'éther, j'ai obtenu toujours des solutions jaunâtres, donnant, par l'évaporation, une substance extractive plus ou moins jaune, ayant tous les caractères de la xantheine. Il y a donc dans les fleurs jaunes généralement deux principes colorants, dont l'un est extractiforme, soluble dans l'eau, souvent peu coloré, mais se colorant en jaune foncé par les alcalis, par les acides minéraux concentrés et même par simple oxygénation.

Outre le principe jaune extractiforme, peu soluble dans l'éther et dans l'alcool, il y en a un autre de nature grasse ou résineuse beaucoup plus soluble dans l'éther et dans l'alcool, mais insoluble dans l'eau, dont la couleur, généralement plus foncée, ne se modifie guère par les alcalis et par les acides, et que l'on rencontre ordinairement dans les fleurs très-jaunes, qui lui doivent surtout leur couleur, plutôt qu'à la xantheine qui l'accompagne.

Déjà Marquart avait fait la remarque qu'à côté du principe jaune ordinaire des fleurs se trouvait une matière

extractive peu colorée, se colorant en jaune à l'air (1) et qui n'est autre chose que notre xantheine, tandis que le principe jaune insoluble constitue la xanthine ou la xanthophylle.

C'est à la xantheine que se rattache la matière extractive jaunâtre des fleurs, à laquelle Meyen croit pouvoir rapporter l'origine de toutes les substances colorantes de celles-ci; mais il me paraît bien difficile d'admettre que la xantheine puisse donner naissance aux couleurs bleues comme elle donne naissance aux couleurs jaunes. En tout cas, sa coloration primitive est tellement faible, qu'elle peut exister dans les fleurs blanches sans leur imprimer la moindre couleur; ce qui, au reste, tient aussi souvent à la présence de l'air dans le tissu de ces fleurs. D'ailleurs, les fleurs blanches tendent généralement à passer au jaune lorsque leur durée se prolonge, et surtout lorsqu'elles commencent à se flétrir.

Il me paraît résulter des observations qui précèdent :

1° Que toutes les plantes élaborent dans les cellules de leur parenchyme sous-épidermique un suc jaunâtre pâle qui tend à prendre une couleur jaune de plus en plus foncée par l'oxygénation, surtout sous l'influence des alcalis et de la lumière;

2° Que le principe extractif colorant, contenu dans ce suc, peut, en se modifiant diversement par l'acte de la végétation ou en s'associant à des substances grasses qui le rendent insoluble, produire les diverses couleurs jaunes des feuilles et des fleurs, couleurs qui peuvent passer au rouge dans les plantes sous l'influence prolongée de la lumière et de l'oxygène;

---

(1) Meyen, *Neues System der Pflanzen Physiologie*, t. I, pp. 445 et 446.

3° Que le même principe extractif, que nous avons appelé *xantheine*, coexiste généralement dans les plantes avec d'autres matières colorantes, et notamment avec le principe bleu ou l'anthocyane, qui, ne pouvant guère être obtenu à l'état isolé, tend, par cela même, à verdir par les alcalis qui jaunissent la xantheine;

4° Que les couleurs de la série cyanique sont généralement accompagnées dans les fleurs de couleurs xanthiques et que celles-ci, à raison de l'altérabilité du principe bleu ou de son défaut de production, se rencontrent souvent isolément dans les plantes et y prédominent généralement.

